

УДК 004.056

DOI: 10.33764/2618-981X-2021-6-314-320

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**

*Сергей Владимирович Шуругин*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (953)776-94-51, e-mail: sshurugin97@mail.ru

*Айвенго Акчабаевич Енчинов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (983)583-14-56, e-mail: enchinov.aivengo@mail.ru

*Евгений Владимирович Грицкевич*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности, тел. (383)343-91-11, e-mail: gricew@mail.ru

Рассматривается имитационная компьютерная модель системы технического зрения, позволяющая измерять площадь изображения предъявляемого объекта методом статистического моделирования. Данная модель обеспечивает проведение виртуальных испытаний с целью проверки работоспособности биометрических средств защиты информации, реализуемых на основе рассмотренной системы технического зрения. Кроме того, эта модель предусматривает оптимизацию параметров исходной системы по критерию минимизации погрешности измерения.

**Ключевые слова:** идентификация, верификация, статистическое моделирование, биометрическая система, система технического зрения

## **USING THE METHOD OF STATISTICAL MODELING FOR IDENTIFICATION OF AN OBJECT BY GEOMETRIC PARAMETERS OF ITS IMAGE**

*Sergei V. Shurugin*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (953)776-94-51, e-mail: sshurugin97@mail.ru

*Aivengo A. Enchinov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (983)583-14-56, e-mail: enchinov.aivengo@mail.ru

*Evgeny V. Gritskovich*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Information Security, phone: (383)343-91-11, e-mail: gricew@mail.ru

A simulation computer model of technical vision system is considered, which allows measuring the area of the image of presented object by the method of statistical modeling. This model provides virtual testing in order to check the performance of biometric information security tools, implemented on the basis of the considered technical vision system. In addition, this model provides for optimization of parameters of the original system according to the criterion of minimizing the measurement error.

**Keywords:** identification, verification, statistical modeling, biometric system, computer vision

### *Введение*

В настоящее время в связи с широким внедрением биометрических технологий в процессы идентификации субъектов, применение цифровых методов обработки изображений стало одним из ведущих направлений развития средств защиты информации [1, 2]. Наиболее часто для биометрической идентификации используются геометрические параметры изображения субъектов, а также количественные характеристики их антропологических признаков [3–8].

В частности, таким параметром является площадь характерного участка изображения, воспринимаемого системой технического зрения как случайное пятно неправильной формы. Очевидно, что измерение площади такого изображения не может быть произведено аналитическими методами. В этой связи, наиболее оптимальным представляется применение методов статистического моделирования, известных также как методы Монте-Карло [9].

В данной работе рассматривается применение таких методов для решения задачи измерения площади случайного объекта неправильной формы, посредством использования процедур генерации случайных процессов, что позволяет проводить имитационное компьютерное моделирование по отношению к интеллектуальной цифровой камере, применяемой в составе системы технического зрения, которая, в свою очередь, является основной частью биометрической системы распознавания. Как правило, термин распознавание в технической литературе, охватывающей данную сферу, включает в себя операции идентификации и аутентификации (верификации) субъекта [10].

Таким образом, цель данной работы – разработка методики измерения площади изображения случайного произвольного объекта неправильной формы. Основной задачей, которую необходимо решить для достижения данной цели, является применение методов статистического моделирования.

### *Постановка задачи*

Целесообразно рассмотреть схему и принципы измерения площади объекта с помощью цифровой камеры, работающей в составе системы технического зрения, являющейся базовым модулем биометрической системы идентификации (рис. 1).

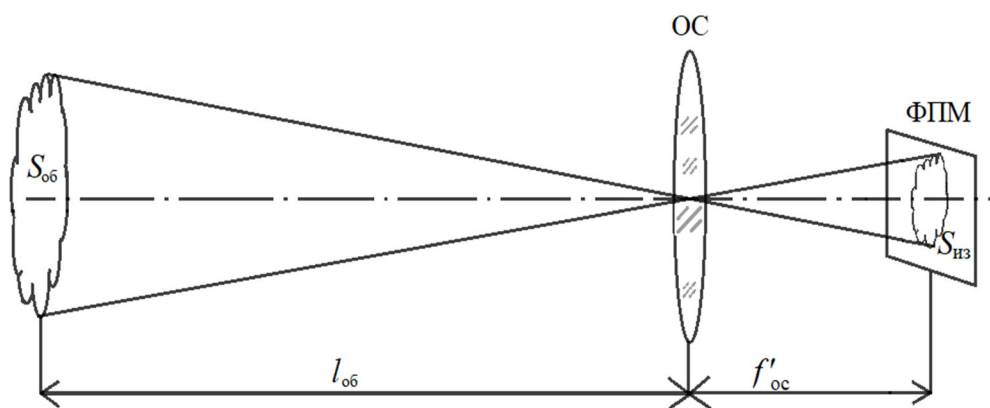


Рис. 1. Схема, реализующая процесс измерения

На данном рисунке введены следующие обозначения:  $S_{об}$  – площадь проекции объекта на плоскость, перпендикулярную оптической оси цифровой камеры,  $l_{об}$  – расстояние от объекта до цифровой камеры, ОС – оптическая система цифровой камеры, ФПМ – фотоприемная матрица,  $S_{из}$  – площадь изображения объекта в плоскости ФПМ,  $f'_{ос}$  – заднее фокусное расстояние оптической системы цифровой камеры.

Итак, с помощью объектива системы технического зрения изображение интересующего объекта проецируется на фоточувствительную площадку ФПМ, расположенную в задней фокальной плоскости объектива. Распределение интенсивности этого изображения преобразуется в распределение зарядов, накапливаемых пикселями матрицы, а затем, путем дискретизации и квантования, происходит процесс формирования цифрового изображения, сохраняемого в запоминающем устройстве системы технического зрения [11].

Тогда, при условии, что площадь изображения объекта измерена, а расстояния от объекта до цифровой камеры и заднее фокусное расстояние оптической системы известны, можно получить площадь проекции объекта на плоскость, перпендикулярную оптической оси цифровой камеры:

$$S_{об} = S_{из} \cdot \left( \frac{l_{об}}{f'_{ос}} \right)^2. \quad (1)$$

Очевидно, что главным вопросом, решаемым при определении площади объекта, является вычисление площади его изображения на фотоприемной матрице устройства.

Условное изображение объекта в плоскости фотоприемной матрицы показано ниже (рис. 2).

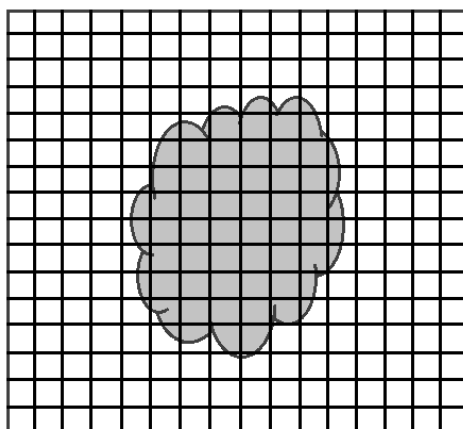


Рис. 2. Условное изображение объекта в плоскости фотоприемной матрицы

С помощью известных методов [12, 13] можно произвести кластеризацию и бинаризацию такого цифрового изображения, что позволит выделить пиксели, попадающие внутрь изображения. Таким образом, измерение площади цифрового изображения можно свести к подсчету количества пикселей, попавших внутрь выделенного кластера:

$$S_{\text{из}} = S_{\text{ФПМ}} \cdot \frac{K_{\text{п}}}{K_{\text{ФПМ}}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{ФПМ}}$  – площадь чувствительной площадки фотоприемной матрицы,  $K_{\text{п}}$  – количество пикселей, расположенных внутри кластера,  $K_{\text{ФПМ}}$  – общее количество пикселей фотоприемной матрицы.

Исходя из представленных выше принципов функционирования биометрической системы, был разработан метод имитационного моделирования ее работы.

### ***Метод моделирования***

Для проверки работоспособности представленной выше схемы разработана имитационная компьютерная модель, позволяющая методом статистического анализа реализовать процесс измерения. Сам этот процесс предполагает сравнение измеряемой площади с ее эталонным значением. В качестве последнего будет использоваться площадь сегмента, образованного графиками двух заранее известных исследователю функций (рис. 3).

Если уравнения  $y_1(x)$  и  $y_2(x)$  известны, то площадь сегмента, образованного пересечением их графиков, принимаемую за эталонную, можно рассчитать, как

$$S_{\text{эт}} = \int_{x_{\text{л}}}^{x_{\text{п}}} [y_1(x) - y_2(x)] dx \quad (3)$$

где  $x_{\text{п}}$  – правая абсцисса точки пересечения графиков,  $x_{\text{л}}$  – левая абсцисса точки пересечения графиков.

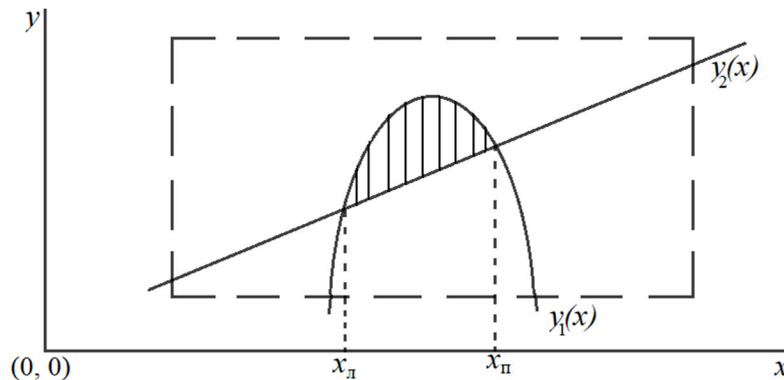


Рис. 3. Определение площади сегмента, образованного пересечением двух графиков аналитических функций

Выделенный сегмент помещается внутрь прямоугольника, являющегося образом фотоприемной матрицы. Границы этого прямоугольника задаются исследователем непосредственно при моделировании. Соответственно, исследователь имеет возможность изменять и контролировать площадь прямоугольника.

Затем осуществляется генерация равномерно-распределенных по площади прямоугольника случайных точек, и подсчитывается количество точек, попавших внутрь сегмента. После этого по формуле (2) рассчитывается площадь изображения, которая и сравнивается с эталонным значением, вычисленным по формуле (3). Задаваясь значениями расстояния объекта от цифровой камеры и фокусным расстоянием оптической системы, по формуле (1) можно определить размер объекта.

### ***Обсуждение результатов***

При проведении моделирования для построения сегмента (рис. 3) применялась следующая система уравнений:

$$\begin{cases} y_1(x) = -2,25 \cdot (x - 3)^2 + 9 \\ y_2(x) = 0,9x + 0,63 \end{cases} .$$

Эталонное значение площади для такого сегмента составляло 12,288 условных квадратичных единиц. Левая и правая границы прямоугольника составляли, соответственно, 1 и 5, нижняя и верхняя границы – 1 и 10. Модель была реализована средствами программной системы MATLAB. При генерации тысячи точек, измеряемая площадь была определена, как 12,492. Увеличение количества

испытаний до одного миллиона улучшило результат – 12,3031. А применение десяти миллионов испытаний показало еще большее увеличение точности измерений – 12,2866.

### *Заключение*

Приведенные выше результаты виртуальных испытаний системы технического зрения, применяемой для определения площади изображения субъекта, позволяют сделать вывод о работоспособности предлагаемой схемы измерения. В дальнейшем предполагается использовать полученные результаты для имитационного моделирования биометрической системы распознавания с целью оптимизации параметров системы по критерию минимизации погрешности измерения.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кухарев, Г. А. Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека [Текст] // СПб.: Политехника, 2001. – 240 с.
2. Кухарев, Г. А. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии [Текст] / Г. А. Кухарев, Е. И. Каменская, Ю. Н. Матвеев, Н. Л. Щеголева; под ред. М. В. Хитрова // СПб.: Политехника, 2013. – 388 с.
3. ГОСТ ISO/IEC 19794-1–2015 Информационные технологии. Биометрия. Форматы обмена биометрическими данными. Часть 1. Структура [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.07.2016. – Стандартиформ, 2016. – 32 с.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1–2007 Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Эксплуатационные испытания и протоколы испытаний в биометрии. Часть 1. Принципы и структура [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.07.2009. – Стандартиформ, 2009. – 58 с.
5. ГОСТ ISO/IEC 24713-1–2013 Информационные технологии. Биометрические профили для взаимодействия и обмена данными. Часть 1. Общая архитектура биометрической системы и биометрические профили [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.09.2014. – Стандартиформ, 2014. – 24 с.
6. ГОСТ Р 58273–2018 (ИСО/МЭК 29197:2015) Информационные технологии. Биометрия. Методология испытаний эксплуатационных характеристик биометрической системы на воздействие условий окружающей среды [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.01.2019. – Стандартиформ, 2019. – 28 с.
7. ГОСТ Р 54412–2019 Информационные технологии. Биометрия. Общие положения и примеры применения [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.06.2020. – Стандартиформ, 2020. – 44 с.
8. ГОСТ Р 58624.1–2019 Информационные технологии. Биометрия. Обнаружение атаки на биометрическое предъявление. Часть 1. Структура [Текст]: нац. стандарт РФ – Введ. 01.06.2020. – Стандартиформ, 2020. – 16 с.
9. Корн Г. А., Корн Т. М. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — 4-е. — М.: «Наука», 1978. — С. 277.
10. Анализ существующих подходов к распознаванию лиц [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/company/synesis/blog/238129/>. (дата обращения: 22.03.2021).
11. Грицкевич, Е. В. Компьютерный анализ систем оплотехники и информационной безопасности [Текст]: учеб. пособ. / Е. В. Грицкевич, П. А. Звягинцева – Новосибирск: СГУГиТ, 2017. – 69 с.

12. Малинин, В. В. Моделирование и оптимизация оптико-электронных приборов с фотоприемными матрицами [Текст] // Новосибирск: Наука, 2005 – 256 с.
13. Торшина, И. П. Компьютерное моделирование оптико-электронных систем первичной обработки информации [Текст] // М.: Университетская книга: Логос, 2009. – 248 с.

© С. В. Шуругин, А. А. Енчинов, Е. В. Грицкевич, 2021